

2819
PATENT

THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

#2

Applicant: Min-Koo Kim et al.

Docket No: 678-750

Serial No: 09/981,934

Date: December 10, 2001

Filed: October 17, 2001

For: **APPARATUS AND METHOD FOR
GENERATING CODES IN
COMMUNICATIONS SYSTEM**

RECEIVED

FEB 20 2002

Technology Center 2100

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Enclosed is a certified copy of Korean Appln. No. 62151/2000 filed
on October 21, 2000 from which priority is claimed under 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

Paul J. Farrell
Registration No. 33,494
Attorney for Applicants

DILWORTH & BARRESE, LLP
333 Earle Ovington Boulevard
Uniondale, New York 11553
(516) 228-8484

PJF:cm

CERTIFICATE OF MAILING UNDER 37 C.F.R. § 1.8 (a)

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail, postpaid in an envelope, addressed to the: Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231 on December 10, 2001.

Dated: December 10, 2001

Paul J. Farrell



RECEIVED

JAN 09 2002

TO THE MAIL ROOM

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2000년 제 62151 호
Application Number PATENT-2000-0062151

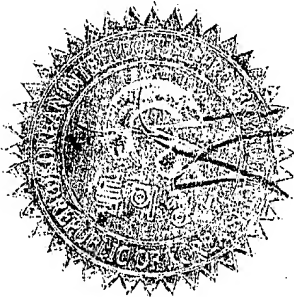
출원년월일 : 2000년 10월 21일
Date of Application OCT 21, 2000

출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

RECEIVED

FEB 20 2002

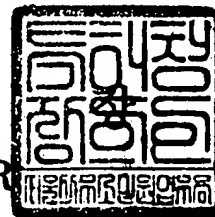
Technology Center 2100



2001 년 10 월 20 일

특 허 청

COMMISSIONER



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0005
【제출일자】	2000. 10. 21
【국제특허분류】	H04M
【발명의 명칭】	통신시스템에서 부호 생성장치 및 방법
【발명의 영문명칭】	APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING CODES IN COMMUNICATION SYSTEM
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	1999-006038-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김민구
【성명의 영문표기】	KIM, Min-Koo
【주민등록번호】	640820-1067025
【우편번호】	442-470
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 973-3 우성아파트 822-406
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	장재성
【성명의 영문표기】	JANG, Jae Sung
【주민등록번호】	640617-1030179
【우편번호】	427-010
【주소】	경기도 과천시 중앙동 1102동 203호
【국적】	KR

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인
이건주 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	17 면	17,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	0 항	0 원
【합계】	46,000 원	

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명에 따른, 통신시스템에서 부호생성 방법이. 수신단 터보복호기의 부호율을 모 부호율(R)로 결정하는 과정과, 송신단 부호기에서 전송가능한 최대 부호율($R_{\max} = a/b$) 및 상기 모 부호율(R)보다 작거나 같은 최소 부호율(R_{\min})을 결정하는 과정과, 상기 최대 부호율에 해당하는 서브 부호의 개수(M)를 수식 $\lceil R_{\max}/R_{\min} \rceil$ 에 의해 결정하는 과정과, 상기 모 부호율에 의해 발생하는 부호를 상기 최대 부호율에 정합하기 위한 소정 천공 패턴에 따라 천공하여 상기 M개의 서로 다른 서브 부호들을 생성하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

【대표도】

도 4

【색인어】

COMPLEMENTARY TURBO CODES, HARQ, TUTBO CODES, PACKET COMBINING, SOFT COMBINING, THROUGHPUT, CODE COMBINING

【명세서】

【발명의 명칭】

통신시스템에서 부호 생성장치 및 방법{APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING CODES IN COMMUNICATION SYSTEM}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 터보 부호를 사용하는 패킷데이터 시스템에서 패킷 부호 결합(Packet code combining)과 패킷 다이버시티 결합(Packet diversity Combining)에 따른 성능차이(AWGN에서)를 보여주는 그래프.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 $R=1/5$ 터보 부호기 구조를 도시하는 도면

도 3은 $R=2/3$ sub code를 사용하고 준 보완 부호(Quasi-complementary code) set size $S=4$ 인 경우의 패킷 부호 결합을 사용하는 HARQ 성능과 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 HARQ의 성능을 실시간 데이터 처리율(data throughput)을 기준으로 비교한 그래프를 도시하는 도면.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<7> 본 발명은 데이터 통신시스템의 부호생성에 관한 것으로, 특히 재전송방식을 사용하는 패킷통신시스템과 혹은 재전송을 사용하는 일반적인 통신시스템에서 터보부호의 특성을 고려한 터보 보완 부호(complementary codes) 생성장치 및 방법에 관한 것이다.

<8> 통상 하이브리드 ARQ(Hybrid ARQ)방식을 사용하는 시스템에서 전송효율(throughput)을 개선하고자 연성 결합(Soft combining)을 사용하며 여기에는 두 가지 방식이 가능하다. 첫 번째 방식으로 packet diversity combining(패킷 다이버시티 결합)을 사용하는 구조이며, 두번째 방식으로 packet code combining(패킷 부호 결합)을 사용하는 방식이다. 일반적으로 이 두 방식을 모두 Soft Packet Combining(연성 패킷 결합)이라고 말하며 이 중 상기 packet diversity combining 방식은 상기 packet code combining 방식에 비하여 성능면에서 sub-optimal 방식이지만 구현의 편의성 때문에 성능상의 큰 손실이 없는 경우 자주 사용되는 방식이다.

<9> 통상적으로, Packet(패킷)을 전송하는 시스템에서 전송효율 (Throughput)을 증가시키기 위해서 연성 패킷 부호 결합을 사용한다. 즉, 각각의 전송마다 전달되는 Packet에 대하여 부호율이 R인 상호 다른 부호를 전송하고 복호된 결과 수신된 패킷에 오류가 검출되는 경우 이를 소멸시키지 않고 저장한 뒤에 향후 재전송되어 올 패킷과 연성결합 (Soft Combining)을 하는 방식을 말한다. 이때 재전송되는 패킷은 상호 다른 부호가 사용될 수 있다. 즉, 상기 패킷 부호 결합 방식은 부호율이 R인 N개의 패킷을 수신한 경우 각각의 패킷을 사용하여 실효 부호율(effective code rate)이 R/N 인 부호로 전환한 뒤에 복호함으로써 부호화이득(coding gain)을 얻는 효과를 갖는 방식이다.

<10> 반면에 패킷 다이버시티 결합은 각각의 전송마다 전달되는 Packet에 대하여 부호율이 R인 동일한 부호를 전송하고 복호된 결과 수신된 패킷에 오류가 검출되는 경우 이를 소멸시키지 않고 저장한 뒤에 향후 재전송되어 올 패킷과 연성결합(Soft Combining)을 하는 방식을 말한다. 이때 재전송되는 패킷은 항상 동일한 부호가 사용된다. 따라서 패킷 다이버시티 결합은 랜덤채널에서 일종의 Symbol Averaging (심볼에너지 평균과정)으로 볼 수 있으며 수신심볼 연성출력(soft output)을 평균함으로써 얻는 잡음전력감소 효과와 페이딩 채널에서 복수개의 심볼을 전송함으로써 다중성 채널에서 제공되는 다중성이득(diversity gain)만을 사용하는 방식이라고 볼 수 있다. 이에 반해서 패킷 부호 결합은 이러한 이득 이외에도 Code structure(코드 구조)에 따른 추가의 Coding Gain(코딩 게인)을 가지고 있다.

<11> 현재까지의 패킷통신 시스템에서는 구현의 용이함 때문에 대부분 패킷 다이버시티 결합을 사용하고 있으며 동기방식의 IS-2000 시스템과 비동기방식의 UMTS 시스템 등에서 이러한 방식이 고려되고 있다. 그러나 이는 기존의 패킷통신 시스템들이 대부분 길쌈부호를 사용하였고, 길쌈부호의 경우 부호율 R 이 낮은 부호(codes)를 사용하는 경우에 상기 패킷 다이버시티 결합을 사용한다 해도 그리 큰 이득이 제공되지 않기 때문이었다. 즉, $R=1/3$ 사용하는 시스템에서 재전송이 가능한 경우, 상기 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 경우와 패킷 부호 결합을 사용하여 $1/6$ 부호율을 사용하는 경우의 성능차이가 그리 크지 않기 때문에 구현의 복잡도를 고려하여 패킷 다이버시티 결합을 사용하였다. 그러나 오류정정부호(Forward Error Correction Codes: FEC)로 터보 부호를 사용하는 경우에는 이러한 기존의 개념과는 다른 방식이 요구된다. 왜냐하면 터보 부호는 반복 복호(iterative decoding)에 의해서 그 성능이 Shannon limit에 근접하도록 설계된 오류정정부호이며, 부호율에 따른 성능의 차이가 기존의 길쌈 부호(Convolutional codes)와는 달리 분명하게 존재하기 때문이다. 즉, 이러한 점을 고려할때 재전송을 사용하는 패킷통신 시스템에서는 터보 부호(Turbo codes)를 사용하는 패킷 부호 결합 방식을 구현하는 것이 성능을 향상시키는 방법이 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<12> 따라서 본 발명의 목적은 통신 시스템에서 터보부호의 특성을 고려한 패킷 부호 결합 장치 및 방법을 제공함에 있다.

<13> 본 발명의 다른 목적은 통신 시스템에서 터보부호의 특성을 고려한 터보 보완 부호 생성 장치 및 방법에 관한 것이다.

<14> 상기한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한, 본 발명에 따른, 통신시스템에서 부호생성방법이, 수신단 터보복호기의 부호율을 모 부호율(R)로 결정하는 과정과, 송신단 부호기에서 전송가능한 최대 부호율($R_{\max} = a/b$) 및 상기 모 부호율(R)보다 작거나 같은 최소 부호율(R_{\min})을 결정하는 과정과, 상기 최대 부호율에 해당하는 서브 부호의 개수(M)를 수식 $\lceil R_{\max}/R_{\min} \rceil$ 에 의해결정하는 과정과, 상기 모 부호율에 의해 발생하는 부호를 상기 최대 부호율에 정합하기 위한 소정 천공 패턴에 따라 천공하여 상기 M 개의 서로 다른 서브 부호들을 생성하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

<15> 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면의 참조와 함께 상세히 설명한다.

<16> 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 동일 부호를 가지도록 하였다. 또한 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

<17> 이하 설명에서, 분석결과에 근거해서 최적의 패킷 부호 결합을 위한 부호를 설계하기 위한 방법을 제시하고, 또한 이러한 부호를 사용하여 패킷 부호 결합과 패킷 다이버시티 결합을 데이터 레이트에 따라서 가변적으로 사용하는 시스템을 제안하며, 이러한 시스템이 가지는 장점과 성능이득에 관해서 기술할 것이다.

<18> 본 발명에서 제안하는 패킷 부호 결합과 패킷 다이버시티 결합을 데이터 레이트에 따라서 가변적으로 사용하는 시스템의 동작방식은 다음과 같다. 예를 들어 $R=1/5$ 터보 부호를 사용하는 시스템의 경우 재전송된 패킷들로부터 연성결합(soft combining)에 의해 구한 코드워드(code word)의 전체 부호율(overall code rate)이 $1/5$ 이 되기까지는 패킷 부호 결합(packet code combining)을 사용하고, 이후부터 재전송되는 패킷들에 대해서는 우선 패킷 다이버시티 결합(packet diversity combining)을 사용하고 이어서 패킷 부호 결합을 사용한다. 즉, 처음 전송하는 패킷의 부호율 R 이 $1/3$ 인 경우 다음 번 재전송 요구 때에는 Overall code rate R 이 $1/5$ 이 되도록 나머지 redundancy(리던던시)를 전송한다. 따라서 수신기가 두개의 packets을 모두 수신하면 overall code rate는 $R=1/5$ 이 되며 그 이후에 전송되는 packet들에 대해서는 각각을 반복해서 전송하고, 수신기는 패킷 다이버시티 결합을 사용한 후에 $R=1/5$ code rate를 기준으로 재전송 packet을 패킷 부호 결합을 수행한다.

<19> 도 1은 터보 부호의 경우 패킷 부호 결합 방식과 패킷 다이버시티 결합 방식 사이의 성능차이를 보였다. 일반적으로 동일한 coded symbol energy E_s 와 동일한 부호율을 가정할 때 길쌈 부호와는 달리 터보 부호의 성능은 반복

(iteration)이 충분히 제공되는 경우 Shannon Channel Capacity limit에 근접하는 성능을 부호율에 따라서 제공한다. 따라서 동일한 E_s 를 가정하는 경우 낮은 부호율의 터보 부호는 높은 부호율의 터보 부호에 비하여 상당한 성능이득을 제공하는 것으로 알려져 있다. 예를 들어 부호율이 $R=1/3$ 에서 $R=1/6$ 로 감소하는 경우 Shannon Channel Capacity limit의 변화를 분석해서 그 성능차이를 예측할 수 있다. 여기서 주의할 부분은 Hybrid ARQ를 사용하지 않는 즉 재전송을 사용하지 않는 시스템의 경우 기존의 부호율에 따른 터보 부호의 성능분석이 부호율 R 의 감소로 인한 심볼 에너지(symbol energy)의 감소를 고려해서 비교한 반면에 Hybrid ARQ를 사용하는 시스템에서는 재전송마다 동일한 심볼 에너지 E_s 를 사용하므로 $R=1/3$ 의 경우나 $R=1/6$ 의 경우나 동일한 심볼에너지 E_s 를 가진다. 따라서 $R=1/3$ 의 부호를 2번 반복해서 패킷 다이버시티 결합하는 경우는 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 채널에서 E_s/N_0 면에서 최대 3dB의 이득을 가지며 $R=1/6$ 부호를 사용하는 경우에도 기존의 $R=1/6$ 부호의 심볼 에너지에 비하여 E_s/N_0 면에서 3dB의 이득을 가지므로 이를 고려하여 비교해야 한다. 따라서 일반적으로 부호율에 따른 부호의 성능비교에서 사용하는 E_b/N_0 를 기준으로 그린 터보 부호의 성능곡선에서 $R=1/3$ 의 성능곡선도 패킷 다이버시티 결합 계인으로 +3dB scale이 평행 이동되고, $R=1/6$ 터보부호의 성능곡선도 $R=1/3$ 과 동일한 심볼 에너지를 사용하는 가정에서 +3dB scale이 평행 이동되므로 결국 E_b/N_0 를 기준으로 그린 $R=1/3$ 터보 부호와 의 $R=1/6$ 터보 부호와의 성능차이가 패킷 부호 결합이 제공하는 성능차이가 된다. 이러한 code rates에 따른 성능차이는 다음의 Shannon

Channel Capacity limit에 의해서 예측가능하며, 최소의 성능차이는 다음의 minimum required S/N을 사용하여 구할 수 있다.

<20> 부호율(Code rate)가 R이고 encoder block size가 매우 큰 터보 부호를 사용하는 시스템에서 오류가 전혀 발생하지 않는 error free의 채널을 제공하기 위한 최소 Eb/No는 하기 수식으로 결정된다.

<21>
$$Eb/No > (4R-1) / 2R$$

<22> 이 식에 근거하여 AWGN에서 각각의 code rates에 터보 부호에서 요구되는 최소의 Eb/No 즉, minimum required Eb/No를 다음의 표 1에 보였다. 표 1에서 Typical Eb/No는 터보 부호의 encoding block size L이 1024일 때 Bit error rate (BER)이 0.00001보다 작게 하기 위해서 요구되는 Eb/No를 보여준다.

<23> 【표 1】

Code rates	Required Eb/No (dB)	Typical Eb/No (db) for BER=10 ⁻⁵
3/4	0.86	
2/3	0.57	
1/2	0.00	
3/8	-0.414	
1/3	-0.55	
1/4	-0.82	
1/5	-0.975	
:		
0	-1.62	NA

<24> 상기 표 1에서 Code rate R이 3/4, 2/3, 1/2, 3/8, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6 인 경우에 각각에 요구되는 Eb/No는 각각 0.86, 0.57, 0.0, -0.414, -0.55, -0.82, -0.975, -1.084 (dB)임을 알 수 있다. 표 1에서 부호율 R=1/3인 부호를 사용하는 시스템과 부호율 R=1/6인 부호를 사용하는 시스템 사이에는 최소한 0.53dB 이상

의 성능차이가 있음을 알 수 있다. 이는 Shannon limit에 따른 최소의 성능차이로 실제 구현가능한 복호기와 시스템 환경을 고려하면 그 차이는 이 보다 증가한다. 실제로 시뮬레이션에 의한 성능차이에 따르면 $R=2/3$ 부호를 사용하고 패킷 부호 결합을 사용하는 시스템과 동일한 부호율 $R=2/3$ 를 사용하고 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 시스템 사이에는 약 1.12dB의 성능차이가 있음을 알 수 있다.

<25> 하기 표 2에 sub code rate로 $R=2/3$ 을 사용하는 시스템에서 한번의 재전송을 사용한 경우에 패킷 부호 결합을 사용하는 시스템과 동일한 부호율 $R=2/3$ 를 사용하고 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 시스템 사이의 성능차이를 보였다. 표 2에서 보듯이 최소의 성능차이가 1.12dB이므로 터보 부호를 사용하는 시스템에서 패킷 부호 결합이 많은 성능 이득을 가지는 것을 알 수 있다.

<26>

【표 2】

Items	Packet Combining	Code Combining
Mother code rate R_m	1/3 (X,Yo,Y'o) in Figure 1	1/3 (X,Yo,Y'o) in Figure 1
Block size (L)	496	496
Maximum number of iterations	8	8
Number of transmissions	2	2
Actual Tx code rate R_e for each transmission	2/3(by puncturing) See section 3.	2/3(by puncturing) See section 3.
Redundancy selection	Identical pattern for all transmissions. See section 3.	Different pattern for all transmissions. See section 3.
Soft Combining	Packet diversity combining	Packet code combining
Gain through retransmissions	Symbol repetition gain	Coding gain for low rate codes
Minimum required Eb/No in Table 3	+0.57(dB)	R-2/3 +0.57(dB) R-2/6 -0.55(dB)
Required Eb/No at 2'nd retransmissions	+0.57-3.0(dB)	-0.55-3.0(dB)
Relative performance gain	0	1.12(=0.57+0.55) dB
Simulated relative gain (@ BER= 10^{-5})	0	2.5(dB)

<27> 따라서 상기의 분석에 의해서 터보 부호(Turbo codes)를 사용하는 재전송 시스템에서 아래와 같은 단계에 의해서 서브 부호율(Sub code rate)을 구하고 이를 패킷 부호 결합을 위한 sub code set으로 사용하면 앞서 제시한 code combining에 의한 이득을 얻을 수 있다. 즉, 아래의 절차에 의해 구한 이러한 서브 부호 집합(sub codes set)을 사용함으로써 동일한 양의 재전송을 요구하는 시스템의 성능을 최대로 개선 시킬 수 있다.

<28> 이하 설명되는 도 4 내지 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호들을 생성하기 위한 절차를 도시하고 있다. 특히, 도 4는 S개의 서브 부호들중 첫 번째 서브부호(C_0)를 생성하기 위한 절차이고, 상기 도 5는 $C_1 \sim C_{s-2}$ 를 생성하기 위한 절차이며, 상기 도 6은 마지막 서브부호(C_{s-1})을 생성하기 위한 절차를 나타낸다.

<29> 한편, 이하 설명되는 ENC1(이하 제1부분이라 칭함)은 각 서브 부호 매트릭스를 두 부분으로 구분하여 상위의 정보부분(systematic part)과 제1패리티부분(1st parity part)을 나타내고, ENC2(이하 제2부분이라 칭함)는 하위의 제2패리티 부분(2nd parity part)을 나타낸다. 예를들어, 도 2를 참조하면, 상기 정보어부분은 'x'이고, 상기 제1패리티부분은 'y0', 'y'1' 이며, 상기 제2패리티부분은 'y'0', 'y'1'이다.

<30> 상기 도 4를 참조하면, 먼저 401단계에서 데이터 전송시스템이 제공할 수 있는 최대의 부호율 R_{max} 를 정한다. 이는 사용하는 시스템의 전송데이터 레이트에 의해서 결정되며 대부분 주어지는 값이 된다. 그리고 상기 정의되는 부호율 $R_{max}=(k/n)$ 의 정수 M배가 될 수 있는 최소의 부호율 R_{min} 을 정한다. 물론 상기 최소 부호율은 임의로 결정할 수 있으나 통상은 1/6 혹은 1/7 이하의 부호율을 사용한다. 이는 터보 부호의 경우 $R=1/7$ 이하에서는 부호율 감소에 따른 코딩 게인(Coding Gain)이 포화되는 성향을 보이기 때문이다. 그리고, 수신단 복호기의 실제 부호율(R, 모 부호율)을 정한다. 상기 부호율(R)은 ($R > R_{min}$)이 관계를 만족하도록 설계한다.

<31> 그리고, 상기 최대 부호율(Rmax) 및 최소 부호율(Rmin)을 구한후, 403단계에서 상기 최대 부호율과 최대 부호율을 가지고 하기 <수학식 1>을 이용해 서브 부호의 개수(M)을 구한다.

<32> 【수학식 1】 $M = \lceil R_{\max}/R_{\min} \rceil$

<33> 상기 서브 부호 개수를 구한후, 405단계에서 변수 m을 '1'로 초기화하고, 407단계에서 C(=m*)를 결정한다. 여기서, 상기 C는 각 서브 부호 매트릭스의 컬럼(column)의 크기를 나타낸다. 상기 C는 상기 결정된 최대 부호율에 근거하여 결정되어진다. 예를들어, 상기 최대 부호율이 3/4 인 경우, 상기 C는 3,6,9....가 될 수 있으며, 상기 가능한 크기들중 최소의 값으로 결정한다. 여기서, 상기 최대 부호율을 3/4로 가정하였기 때문에, C는 '3'으로 설정한다. 그리고, 상기 변수 m과 상기 최대 부호율의 부호심볼수(n)을 곱해 변수 Ns를 정의한다. 상기 변수 Ns는 각 서브 부호 매트릭스에서 선택되어질 심볼수를 나타낸다.

<34> 그리고, 409단계에서 상기 Ns 가 상기 C 보다 큰지를 검사한다. 즉, 매트릭스에서 선택할 심볼의 수가 상기 매트릭스의 컬럼 사이즈보다 큰지를 검사한다. 여기서, 크다는 것은 상기 선택할 심볼의 수가 정보심볼의 개수를 넘는 것을 의미하고, 작다는 것은 상기 선택할 심볼의 수가 정보심볼의 개수보다 작다는 것을 의미한다. 만일, 크지 않다면 413단계로 진행하여 상기 Ns가 2보다 큰지를 검사한다. 즉, 상기 선택할 심볼의 수가 적어도 2개 이상인지를 검사한다. 만일, 2 이상이면, 415단계로 진행하여 하기 수학식 2에 의해 turbo 부호기의 제 1부호기의 출력 제1부분과 turbo 부호기의 제2 부호기의 출력 제2부분에서 각각 심볼들을

선택한다(혹은 천공하지 않는다). 하기 수학식 2에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

<35> $[N_s/2] \text{ ENC1}(\text{sys} + \text{parity})$

【수학식 2】 $[N_s/2] \text{ ENC2}(\text{parity})$

<36> 상기 '2'보다 작으면 417단계로 진행하여 상기 변수 m을 1만큼 증가시킨후, 상기 407단계로 되돌아가 이하 과정을 재수행한다.

<37> 한편, 상기 변수 N_s 가 상기 C보다 크면, 411단계로 진행하여 상기 N_s 에서 상기 C를 감산한 값이 2 이상인지를 검사한다. 이는 정보심볼을 모두 선택하고도 적어도 2개의 선택할 심볼들이 존재하는지 검사하는 것이다. 이렇게 하는 이유는이렇게 하는 이유는 터보부호는 기존의 다른 단일부호와는 도면 2에서 보듯이 두 개의 부속부호(Component code) ENC1과 ENC2가 병렬로 터보인터리버에 의해서 연결된 구조의 부호이다. 따라서 상기 N_s 에서 상기 C를 감산한 값이 2보다 작으면 결국 1개의 심볼만이 사용할 수 있는 것이고 따라서 다음과 같이 두 가지 경우만이 가능하

다. 첫째는 이 한 개의 심볼을 ENC1(부속부호 1)의 패리티부분에 할당하는 방법이고 두 번째는 ENC2(부속부호 2)의 패리티 부분에 할당하는 방법이다. 그러나 두 경우 모두 터보부호의 관점에서 큰 문제점을 지니고 있다. 첫 번째의 경우에는 ENC2(부속부호 2)에 할당되는 패리티 심볼이 전혀 없다. 따라서 결국 이 부호는 터보부호가 아닌 ENC1(부속부호 1)만으로 구성된 K=4인 길쌈부호(convolutional codes)가 되고 터보부호가 가지는 터보인터리버 이득을 전혀 제공하지 못하는 결과를 초래한다. 두 번째의 경우에도 ENC1(부속부호 1)에서 보면 정보어심볼(systematic symbol)만이 전송되고 패리티 심볼이 전혀 사용되지 않으므로 부호율이 1인 부호가 되며 부호율이 1이므로 부호이득(coding gain)이 전혀 없는 부호화하지 않은 uncoded system 방식이 된다. 따라서 최소한 상기 N_s 에서 상기 C를 감산한 값이 2보다 작으면 터보부호의 성능을 제공할 수 없으며, 최소한 2 이상이 되어야 터보부호의 성능을 제공한다.

<38> 만일, 상기 411 단계 조건을 만족하면, 419단계로 진행하여 상기 C개의 정보심볼들을 선택한후 소정 정해진 타입에 따라 나머지 심볼을 선택한다. 타입1인 경우, 421단계로 진행하여 하기 수학식 3에 의해 제1패리티 부분과 제2패리티 부분의 심볼들을 각각 선택한후 종료한다. 하기 수학식 3에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

<39> $\lceil (N_s - C) / 2 \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$

【수학식 3】 $\lfloor (N_s - C) / 2 \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$

<40> 한편, 타입2인 경우 423단계로 진행하여 하기 수학식 4에 의해 제1패리티 부분과 제2패리티 부분의 심볼들을 각각 선택한후 종료한다. 상기 타입2는 미리 정해진 비율에 따라 제1패리티 부분과 제2패리티 부분의 심볼들을 선택하는 것을 의미한다. 하기 수학식 4에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

$$\begin{aligned} <41> \quad [a(N_s - C)/(a+b)] \text{ ENC1}(\text{parity}) \\ \quad [b(N_s - C)/(a+b)] \text{ ENC2}(\text{parity}) \end{aligned}$$

【수학식 4】 $a+b=1$, 여기서 a, b 는 ENC1 및 ENC2의 심볼선택분배비를 나타냄.

<42> 한편, 411단계의 조건을 만족하지 않으면, 미리 정해진 타입에 따라 심볼들을 선택한다. 타입1인 경우 425단계로 진행하여 하기 수학식 5에 의해 제1부분과 제2부분의 심볼들을 각각 선택한후 종료한다. 여기서, 제1부분의 심볼을 선택할 때 적어도 하나는 제1패리티부분에서 선택하도록 한다. 하기 수학식 5에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

$$\begin{aligned} <43> \quad [N_s/2] \text{ ENC1(단, 적어도 하나는 parity에서 선택)} \\ \text{【수학식 5】} \quad [N_s/2] \text{ ENC2}(\text{parity}) \end{aligned}$$

<44> 한편, 타입2인 경우 427단계로 진행하여 하기 수학식 6에 의해 제1부분(parity)과 제2부분에서 각각 심볼들을 선택한후 종료한다.

$$\begin{aligned} <45> \quad [a(N_s)/(a+b)] \text{ ENC1}(\text{parity}) \\ \text{【수학식 6】} \quad [b(N_s)/(a+b)] \text{ ENC2}(\text{parity}) \end{aligned}$$

- <46> 이하 C_1 부터 C_{s-2} 까지의 서브 부호 매트릭스를 구성하는 방법을 설명한다.. 여기서, C_1 에서부터 C_{s-2} 까지의 서브 부호 매트릭스들을 모두 생성할때 까지 상기도 5의 알고리즘을 반복한다.
- <47> 상기 도 5을 참조하면, 501단계에서 이전 구성된 매트릭스들을 참조하여 정보심볼들이 모두 선택되었는지를 검사한다. 만일, 상기 정보심볼들이 모두 선택되었다면 바로 507단계 혹은 509단계로 진행하며, 상기 정보심볼들이 모두 선택되지 않았다면 503단계로 진행하여 선택되지 않은 정보심볼들을 선택한다. 여기서, 상기 선택되는 정보심볼의 수를 N_{s1} 이라 정의한다. 이후, 505단계에서 상기 N_s 에서 상기 N_{s1} 을 감산하여 새로운 N_s 를 정의한다. 여기서, 새로이 정의된 N_s 는 각 서브부호 매트릭스에서 선택할 패리티 심볼수를 나타낸다.
- <48> 상기 505단계에서 구해진 선택할 패리티 심볼수를 구한후, 혹은 상기 501단계의 조건이 만족되면, 미리 정해진 타입에 따라 패리티 심볼들을 선택하게 된다. 만일 타입1인 경우, 507단계로 진행하여 하기 수학식 7에 의해 제1패리티부분과 제2패리티부분에서 각각 심볼들을 선택한다. 상기 507단계 및 상기 507단계를 수행함에 있어, 기존에 선택되지 않은 심볼들을 선택한다.

$$\text{<49>} \quad \lceil N_s/2 \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$$

$$\text{【수학식 7】} \quad \lfloor N_s/2 \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$$

- <50> 한편, 타입2인 경우 509단계로 진행하여 하기 수학식 8에 의해 제1패리티부분과 제2패리티부분에서 각각 심볼들을 선택한다.

$$\text{<51>} \quad \lceil a(N_s)/(a+b) \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$$

$$\text{【수학식 8】} \quad \lfloor b(N_s)/(a+b) \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$$

<52> 이하 마지막 서브 부호 매트릭스(C_{s-1})를 구성하는 방법을 설명한다.

<53> 상기 도 6을 참조하면, 601단계에서 이전 구성된 매트릭스들을 참조하여 선택되지 않았던 심볼들을 선택한다. 여기서, 상기 선택된 심볼의 개수를 N_{s2} 라 정의한다. 그리고, 603단계에서 상기 N_s 에서 상기 N_{s2} 를 감산하여 새로운 N_s 를 정의한다. 여기서, 상기 새로이 정의된 N_s 는 반복할 심볼의 개수를 나타낸다. 그리고 605단계에서 상기 새로이 정의된 N_s 가 '0'보다 큰지를 검사한다. 만일, 동일하다면 종료하고, 크다면 상기 N_s 만큼의 심볼의 개수를 반복한다. 여기서 상기 반복되는 심볼들은 가능한 정보심볼(systematic)이 반복되도록 한다.

<54> 예를 들어서, 시스템이 제공하는 가장 최대의 부호율 $R_{max}=3/4$ 이고, 시스템이 제공할 수 있는 복호기의 부호율 R 이 $1/5$ 인 경우 다음과 같이 R_{min} 과 M 이 결정된다.

<55> $R_{min}=1/6$: 최대 재전송의 한계에 의해서 결정된다.

<56> $M=6/(4/3)=4.5 \rightarrow 5$

<57> 따라서 Sub code set size: 5

<58> $\{C_0, C_1, C_2, C_3, C_4\}$: $R_{max}=3/4$

<59> Sub codes를 결합 $\rightarrow (1/M) \times R_{max} = (1/5) \times (3/4) = 3/20$

<60> $M \times b = 5 \times 4 = 20$, $5 \times a = 5 \times 3 = 15$, 따라서 $20 - 15 = 5$ 심볼을 정보심볼에서 반복되도록 한다.

<61> 전체 Sub codes를 결합하면 $R_{min}=3/20$ 이 된다. 따라서 $R=1/5$ 의 복호기를 사용하는 경우에는 20개의 부호심볼 중에서 5개의 심볼을 반복하면 된다. 따라서 각각의 서브 부호에서 정보심볼(Systematic symbol)인 X를 1번씩 반복하도록 서브 부호를 구성하면, 복호기는 M개의 서브 부호들을 모두 수신하는 경우 정보심볼이 2번 반복된 $R=1/5$ 터보 부호를 구할 수 있으며 이를 가지고 복호를 수행한다.

<62> 상기한 도 4 및 도 6의 터보 준 보완 부호(Quasi-Complementary Turbo codes)를 생성방법을 Hybrid ARQ 시스템을 예로들어 설명하면 다음과 같다.

<63> 패킷 부호 결합(Packet code combining)을 사용하는 대표적인 시스템에는 Hybrid ARQ 시스템이 있다. 즉, HARQ Type I, Type II, Type III에서 모두 패킷 부호 결합을 사용할 수 있으며, 이러한 시스템에 앞서 설명한 기술을 적용하고자 본 발명에서는 Quasi-complementary turbo code set을 사용한다. 예를 들어 Packet 전송을 위한 기본 단위의 정보비트 블록을 transport unit (TU)이라고 정의하면 패킷 부호 결합을 사용하는 상기의 Hybrid ARQ 시스템 즉, HARQ Type I, Type II, Type III에서는 각각의 transport unit 전송 시마다 아래에 제시하는 Quasi-complementary turbo code set 중 하나의 sub code C_i 가 할당된다.

<64> 물론, 재전송의 기본단위는 초기전송에 사용되는 TU의 크기와 동일한 것을 사용할 수도 있으며, 혹은 매 전송마다 다른 것을 사용할 수도 있다. 단, 한번의 초기전송과 각각의 재전송 시마다 아래에 주어지는 Quasi-complementary turbo code set을 사용한다.

<65> Quasi-complementary code C_q 는 code set size S 를 가지며 각각의 sub codes C_i , $i=0,1,2,\dots,S-1$ 을 조합함으로써 mother code C 를 재구성(reconstruction)할 수 있거나 혹은 이 보다 작은 부호율을 가지는 새로운 C_q 를 구성할수 있는 부호를 의미한다. 여기서 mother codes (모 부호)라 함은 부호기(encoder)가 가질 수 있는 최소의 부호율을 의미한다. 이러한 모 부호를 사용하는 시스템에서 다음의 수식과 같은 성질을 만족하는 경우 터보 준 보완 부호(Quasi-complementary turbo codes)라 한다.

<66> Original code C with code rate $R=R_m$ or a code C with code rate $R<R_m$

$$\begin{aligned} <67> \\ &= \bigcup_{i=0}^{S-1} C_i \end{aligned}$$

<68> ,where S is number of sub codes with code rate of R_i .

<69> 아래에 quasi-complementary 터보 부호를 사용하고 전송단위를 Transport Unit으로 정의하며, 초기전송과 재전송에서 모두 동일한 TU 크기를 사용하는 시스템에서 구체적인 전송방식을 설명하고 있다. 물론 각각의 전송에서 상이한 TU 크기를 사용하는 시스템에서 전송방식도 지원이 가능하며, 여기서는 설명의 편의를 위해서 모두 동일한 TU 크기를 사용하는 시스템에서 구체적인 전송방식을 보였다. 아래의 예는 서브 부호의 수가 $S=4$ 이고 모 부호 부호율(mother code rate)이 $R=1/5$ 인 경우를 예를 보인 것이다.

<70> 1단계 : 초기전송 및 재전송단위는 Transport Unit (TU)단위로 이루어지며 각각의 초기 전송 및 재 전송 시에 quasi-complementary code set의 sub code C_i 가 각각 전송된다.

- <71> 2단계 : Overall code rate이 1/5보다 큰 경우에는 재전송이 요청될 때 마다 quasi-complementary code set의 sub code C_i 가 각각 전송되며 그 순서는 C_0 , C_1 , C_2 , ..., C_{S-1} 가 된다. 이 과정은 패킷 부호 결합을 수행하는 단계를 의미한다.
- <72> 3단계 : 재전송과 초기전송을 포함한 수신된 패킷의 모든 연성결합에 의한 Overall code rate이 1/5보다 작거나 같은 경우에는 재전송이 요청될 때 마다 quasi-complementary code set의 sub code C_i 가 각각 다시 반복되어 전송되며 그 순서는 C_0 , C_1 , C_2 , ..., C_{S-1} 가 된다. 이 과정은 패킷 다이버시티 결합을 수행하는 단계를 의미한다.
- <73> 4단계 : Quasi-complementary code set size는 임의의 값을 사용할 수 있으며, 이는 초기에 결정되는 부호기의 모 부호율에 의해서 결정된다. 여기서는 모 부호율 $R=1/5$ 이고 $R=2/3$ 인 부호율을 재전송을 위한 서브 부호율로 사용하므로 최대 4개의 서브 부호가 생성 가능하다. 따라서 $S=4$ 를 사용한다.
- <74> 하기 표 3에 터보 준 보완 부호(Quasi-complementary turbo codes) sets와 이를 사용하는 순방향 트래픽 채널 패킷 데이터율(Forward Traffic Channel packet data rates) 예를 보였다. 표 3은 현재 IS-2000의 1XEVDV에서 사용될 것으로 보이는 가용한 순방향채널의 데이터 레이트에 따라서 구한 것으로 모 부호율(Mother code rate) $R=1/5$ 이고 각각의 서브 부호(sub code)의 부호율로 $R=2/3$, $1/3$, $1/6$ 을 사용하는 경우의 예를 보인 것이다.

<75> 【표 3】

Set Size S	Code Set	Subcode Rate Set	Data Rates
1	{C ₀ }	C ₀ : R ₀ =1/6	307.2kbps 153.6kbps 76.8kbps 38.4kbps 19.2kbps
2	{C ₀ , C ₁ }	C ₀ : R ₀ =1/3 C ₁ : R ₁ =1/3	1228.8kbps 921.6kbps 614.4kbps 307.2kbps
4	{C ₀ , C ₁ , C ₂ , C ₃ }	C ₀ : R ₀ =2/3 C ₁ : R ₁ =2/3 C ₂ : R ₂ =2/3 C ₃ : R ₃ =2/3	2457.6kbps 1843.2kbps 1228.8kbps

<76> 상기 표 3에서 보듯이 서브 부호율이 $R=1/6$ 의 경우에는 모 부호율 $R=1/5$ 보다 작으므로 매 전송 시마다 동일한 부호가 사용되며 이를 C₀로 표시하였다. 반면에 서브 부호율이 $R=1/3$ 의 경우에는 Mother code rate $R=1/5$ 보다 크므로 매 전송 시마다 상이한 부호가 사용되며 이를 C₀, C₁으로 표시하였다. 이 경우 Set Size S=2가 된다. 서브 부호율이 $R=2/3$ 의 경우에는 Mother code rate $R=1/5$ 보다 크므로 매 전송 시마다 상이한 code가 사용되며 이를 C₀, C₁, C₂, C₃로 표시하였다. 이 경우 Set Size S=4가 된다. 결국 각각의 서브 부호(sub code)들이 집합 사이즈(Set Size) S만큼 전송되는 경우 수신기는 원래의 모 부호율 R을 복원할 수 있으며, 부호기가 제공하는 최대의 코딩 계인을 제공할 수 있다.

<77> 도 2은 본 발명의 실시 예에 따른 터보 부호기의 구조를 도시하고 있다. 상기 도 2를 참조하면, 제1구성부호기 201은 입력되는 정보비트열을 부호화하여 부호심

볼 X, Y_0, Y_1 을 출력한다. 인터리버 202는 상기 입력되는 정보비트열을 주어진 규칙에 의해 인터리빙하여 출력한다. 제2구성부호기203은 상기 인터리버 202로부터 출력되는 상기 인터리빙된 정보비트열을 부호화하여 부호심볼 X', Y'_0, Y'_1 을 출력한다. 서브부호발생기 204는 상기 두 구성부호기 201 및 203으로부터의 출력 부호심볼들 $X, Y_0, Y_1, X', Y'_0, Y'_1$ 을 입력하고, 제어부 205의 제어하에 상기 부호심볼들을 천공 및 반복하여 서브 부호들을 발생한다. 상기 제어부 205는 상기 도 4 내지 도 6과 같은 알고리즘을 통해 상기 서브부호발생기 204를 제어하여 서브부호들을 발생한다. 여기서, 상기 X' 는 실제로 전송되지 않는다. 따라서 부호율 $R=1/5$ 이 된다.

<78> 하기 표 4에 표 3에서 사용하는 각각의 code rates에 따른 puncturing matrix의 예를 보였다.

<79>

【표 4】

Code rates	C_0	C_1	C_2	C_3
$R=1/6$	$\begin{bmatrix} X \\ Y_0 \\ Y_1 \\ Y'_0 \\ Y'_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	NA	NA	NA
$R=1/3$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	NA	NA
$R=2/3$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
$R=$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

<80> 표 4에서 보듯이 R-1/5 터보 부호를 모 부호로 사용하고 각각의 전송마다 R-2/3 code를 사용한다고 하면 4개의 정보 심볼들에 대해서 20개의 부호 심볼들이 발생된다. 이 중에서 14개를 천공하면 R-2/3 터보 부호가 된다. 그러면 패킷 다이버시티 결합은 위 천공 매트릭스에 의해 생성되는 {C0}를 재전송이 요구될 때마다 반복해서 전송하고 이를 연성 결합하는 것을 의미한다. 반면에 패킷 부호 결합은 아래와 같이 재전송 요청이 있을 때 마다 서로 다른 부호심볼들을 전송하고 {C0, C1, C2, C4} 모두 전송된 이후에는 앞서와 유사하게 패킷 다이버시티 결합을 사용한다. 따라서 패킷 부호 결합을 사용하는 HARQ Type III의 경우에는 4 번의 전송이 이루어진 이후에 R-1/5의 전체 부호 심볼들(full coded symbols)을 모두 가지고 복호를 수행할수 있다.

<81> 표 4에서 X, Y0, Y1, Y'0, Y'1은 각각 아래와 같이 R=1/5 터보부호기에서 출력되는 부호심볼들을 의미한다.

<82> X: Systematic code symbol (Information symbols)

<83> Y0: Redundancy symbol from the upper component encoder of Turbo encoder

<84> Y1: Redundancy symbol from the lower component encoder of Turbo encoder

<85> Y'0: Redundancy symbol from the upper component encoder of Turbo encoder

<86> Y'1: Redundancy symbol from the lower component encoder of Turbo encoder

<87> 표 4에서 '1'은 전송되는 심볼을 의미하며, '0'은 전송되지 않고 천공(puncturing)되는 심볼을 의미한다. 또한 '2'는 해당되는 심볼이 2번 반복되어 전송되는 것을 의미한다.

<88> 표 4에서 R=1/6의 경우 전송되는 부호심볼의 수열은 다음과 같다.

<89> X, X, Y0, Y1, Y'0, Y'1, X, X, Y0, Y1, Y'0, Y'1,

<90> 따라서 실제 전송되는 부호심볼의 수는 하나의 정보어심볼(information symbol)에 대하여 6개의 부호어 심볼이 생성되므로 R=1/6이 된다. 여기에서 천공 및 반복 매트릭스를 구성하는 데 있어서 다음의 조건을 만족하도록 설계한다.

<91> 조건1. Repetition이 사용되는 Quasi-Complementary Turbo Codes의 sub code는 Systematic symbol X를 반복한다.

<92> 조건2. Repetition이 사용되는 Quasi-Complementary Turbo Codes의 sub code는 Systematic symbol X를 반복하는 경우 각각의 Sub codes를 결합한

Quasi-Complementary Turbo Codes에서 systematic symbol의 반복주기가 항상 일정하고 최소가 되도록 설정한다.

<93> 조건 3. Puncturing이 사용되는 경우 Quasi-Complementary Turbo Codes의 sub code는 Systematic symbol X를 제외한 Redundancy symbol을 가급적 puncturing한다.

<94> 조건 4. Puncturing이 사용되는 경우 Quasi-Complementary Turbo Codes의 sub code는 Systematic symbol X를 제외한 Redundancy symbol을 가급적 균일하게(uniform하게) puncturing한다.

<95> 상기의 조건들을 고려해서 만든 $R=1/6$ 의 천공 및 반복 매트릭스(Puncturing and Repetition Matrix)를 가정하면, 복호기에서는 2번 반복된 X 심볼을 심볼연성결합 (soft symbol combining)하여 하나의 심볼로 전환한 뒤에 복호를 수행하므로 실제 복호기에 사용되는 부호율은 $R=1/5$ 로 간주된다. 따라서 이러한 정보어 심볼의 에너지가 증가된 $R=1/5$ 부호를 사용하는 경우에는 통상의 균일한 심볼에너지를 사용하는 $R=1/5$ 부호에 비하여 성능이 개선된다. 또한 이러한 부호어 심볼을 반복하는데 있어 가장 적절한 위치는 바로 정보어 심볼이 된다. 이러한 관점에서 보면 $R=1/6$ 의 천공 및 반복 매트릭스를 사용함으로써 균일한 심볼반복을 사용하고 정보어 심볼을 반복하여 정보어 심볼의 에너지를 증가시키는 구조의 $R=1/6$ 부호를 사용할 수 있다.

<96> 표 4에서 $R=1/3$ 경우 전송되는 부호심볼의 수열은 다음과 같다.

<97> $X, Y_0, Y'_0, X, Y_1, Y'_1, \dots$

<98> 따라서 실제 전송되는 부호심볼의 수는 하나의 정보어심볼(information symbol)에 대하여 3의 부호어 심볼이 생성되므로 $R=1/3$ 된다. 그러나 각각의 전송에서 사용되는 C_0, C_1 에서 사용한 천공 매트릭스(Puncturing matrix)가 다르므로 전송되는 심볼이 서로 상이하다는 것을 알 수 있다. 또한 C_0 와 C_1 을 연성결합하면 정보어심볼인 X 는 2번 반복되어 전송되고 나머지 Y_0, Y_1, Y'_0, Y'_1 는 각각 한번씩 전송된다. 따라서 상기 $R=1/6$ 인 경우와 동일하게 $R=1/5$ 의 복호기를 사용하여 복호가 가능하고 위에서 언급한 성질을 모두 만족하므로 성능을 보장 할 수 있다.

<99> 표 4에서 $R=2/3$ 첫 번째 경우 전송되는 부호심볼의 수열은 다음과 같다.

<100> $Y_0, X, Y'_0, X, Y'_0, Y_0, Y_1, X, Y'_1, X, Y'_1, Y_1, \dots$

<101> 따라서 실제 전송되는 부호심볼의 수는 두개의 정보어심볼(information symbol)에 대하여 3의 부호어 심볼이 생성되므로 $R=2/3$ 된다. 그러나 각각의 전송에서 사용되는 C_0, C_1, C_2, C_3 에서 사용한 천공 매트릭스(Puncturing matrix)가 다르므로 전송되는 심볼이 서로 상이하다는 것을 알 수 있다. 또한 C_0, C_1, C_2, C_3 를 연성결합하면 정보어심볼인 X 는 2번 반복되어 전송되고 나머지 Y_0, Y_1, Y'_0, Y'_1 는 각각 한번씩 전송된다. 따라서 상기 $R=1/6$ 인 경우와 동일하게 $R=1/5$

의 복호기를 사용하여 복호가 가능하고 위에서 언급한 성질을 모두 만족하므로 성능을 보장 할 수 있다.

<102> 표 4에서 $R=2/3$ 두 번째 경우 전송되는 부호심볼의 수열은 다음과 같다.

<103> $X, Y_0, X, X, Y'_0, X, Y'_0, Y_0, Y'_0, Y_0, Y_0, Y'_0, Y_1, Y_1, Y'_1, Y'_1, Y_1, Y'_1, X, Y'_1, X, X, Y_1, X, \dots$

<104> 따라서 실제 전송되는 부호심볼의 수는 4개의 정보어심볼(information symbol)에 대하여 6개의 부호어 심볼이 생성되므로 $R=2/3$ 된다. 그러나 각각의 전송에서 사용되는 C_0, C_1, C_2, C_3 에서 사용한 천공 매트릭스가 다르므로 전송되는 심볼이 서로 상이하다는 것을 알 수 있다. 또한 C_0, C_1, C_2, C_3 를 연성결합하면 정보어심볼인 X 는 2번 반복되어 전송되고 나머지 Y_0, Y_1, Y'_0, Y'_1 는 각각 한 번씩 전송된다. 따라서 상기 $R=1/6$ 인 경우와 동일하게 $R=1/5$ 의 복호기를 사용하여 복호가 가능하고 위에서 언급한 성질을 모두 만족하므로 성능을 보장 할 수 있다.

<105> 도 3은 $R=2/3$ sub code를 사용하고 Quasi-complementary code set size $S=4$ 인 경우의 패킷 부호 결합을 사용하는 HARQ 성능과 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 HARQ의 성능을 실시간 데이터 처리율 (data throughput)을 기준으로 시뮬레이션한 결과를 보였다. 도면에서 보듯이 $R=2/3$ 서브 부호를 사용하고 Quasi-complementary code set size $S=4$ 인 경우의 패킷 부호 결합을 사용하는

HARQ 성능과 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 HARQ의 성능이 매우 우수함을 알 수 있다.

【발명의 효과】

<106> 상술한 바와 같이 본 발명은 통신시스템에서 터보 보완 부호(및 터보 준 보완 부호)를 생성할 수 있다. 상기 터보 보완 부호를 패킷 재전송 방식에 이용하여 전송효율(throughput)을 크게 개선할수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

통신시스템에서 부호 생성방법에 있어서,
 수신단 터보복호기의 부호율을 모 부호율(R)로 결정하는 과정과,
 송신단 부호기에서 전송가능한 최대 부호율($R_{\max} = a/b$) 및 상기 모 부호율(R)보다 작거나 같은 최소 부호율(R_{\min})을 결정하는 과정과,
 상기 최대 부호율에 해당하는 서브 부호의 개수(M)를 하기 <수학식 9>에 의해 결정하는 과정과,

【수학식 9】 $\lceil R_{\max}/R_{\min} \rceil$

상기 모 부호율에 의해 발생하는 부호를 상기 최대 부호율에 정합하기 위한 소정 천공 패턴에 따라 천공하여 상기 M개의 서로 다른 서브 부호들을 생성하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 2】

통신시스템에서 부호생성 방법에 있어서,
 수신단 터보복호기의 부호율을 모 부호율(R)로 결정하는 과정과,
 송신단 부호기에서 전송가능한 최대 부호율($R_{\max} = a/b$) 및 상기 모 부호율(R)보다 작거나 같은 최소 부호율(R_{\min})을 결정하는 과정과,
 상기 최대 부호율에 해당하는 서브 부호의 개수(M)를 하기 <수학식 10>에 의해 결정하는 과정과,

【수학식 10】 $\lceil R_{\max}/R_{\min} \rceil$

반복되어질 심볼의 개수(N)를 하기 <수학식11>에 의해 구하는 과정과,

【수학식 11】 $M \times b - a \times (\frac{1}{R})$

상기 모 부호율에 의해 발생하는 부호를 / 상기 최대 부호율에 정합하기 위한 소정 천공 패턴에 따라 / 천공하여 상기 M개의 서로 다른 서브 부호들을 생성하고, 상기 서브 부호들에 구성되는 정보심볼들중 상기 N개의 정보심볼들이 반복시키는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 3】

통신시스템에서 부호생성 장치에 있어서,

터보부호기와 ,

상기 터보부호기의 가능한 부호율중 최대 부호율(Rmax)과 최소 부호율(Rmin)을 가지고 하기 수학식 12에 의해 서브 부호의 개수를 결정하고, 상기 터보부호기에서 발생하는 부호심볼들을 상기 최대 부호율에 정합하기 위한 천공 제어신호를 출력하는 제어기와,

상기 제어신호에 의해 상기 부호심볼들을 천공하여 상기 M개의 서로 다른 서브 부호들을 발생하는 서브부호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

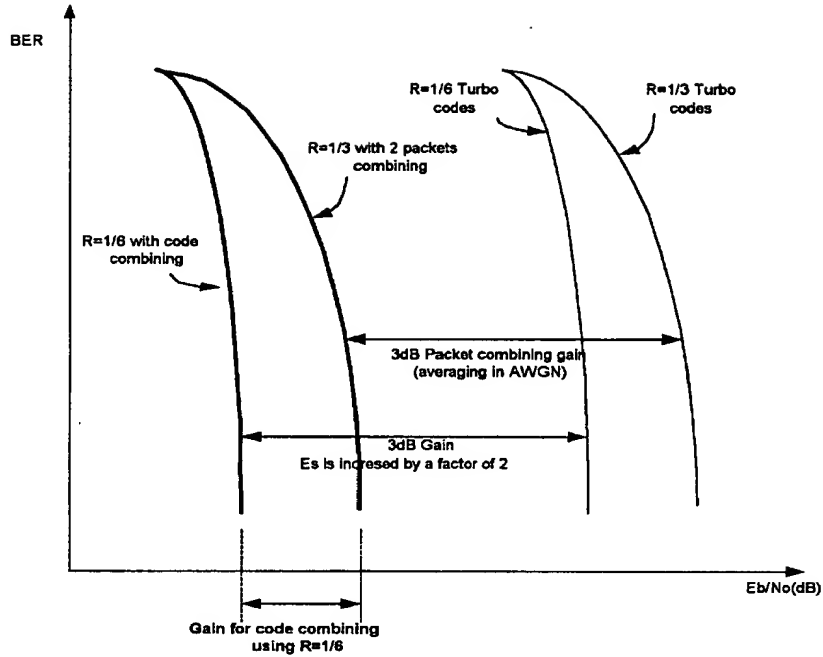
1020000062151

출력 일자: 2001/10/22

【수학식 12】 $[R_{\max}/R_{\min}]$

【도면】

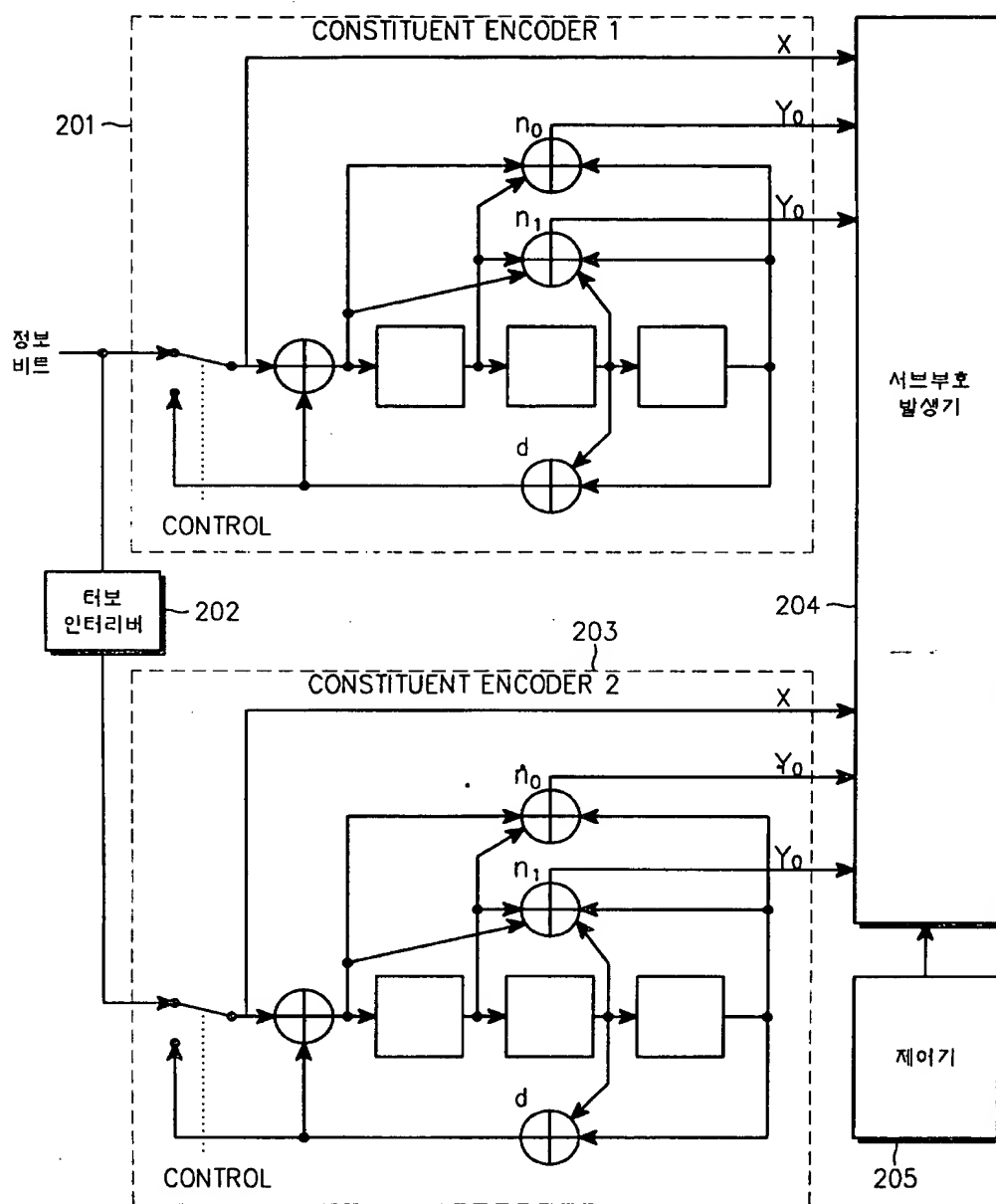
【도 1】



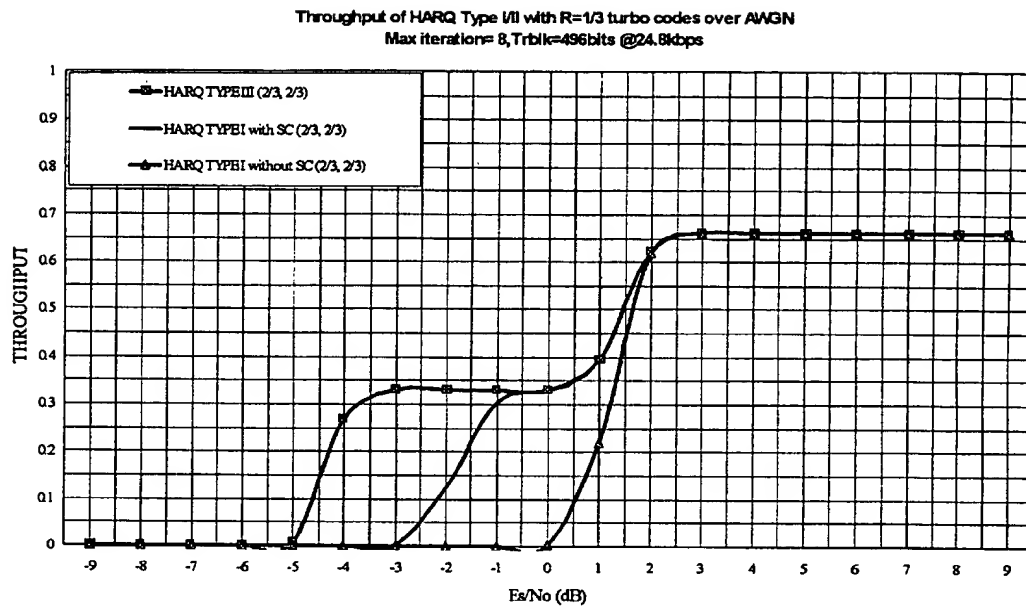
Es of R-1/3 = Es of R-1/6
 HARQ Type II/III

Es of R-1/3 = 2X Es of R-1/6
 Non HARQ

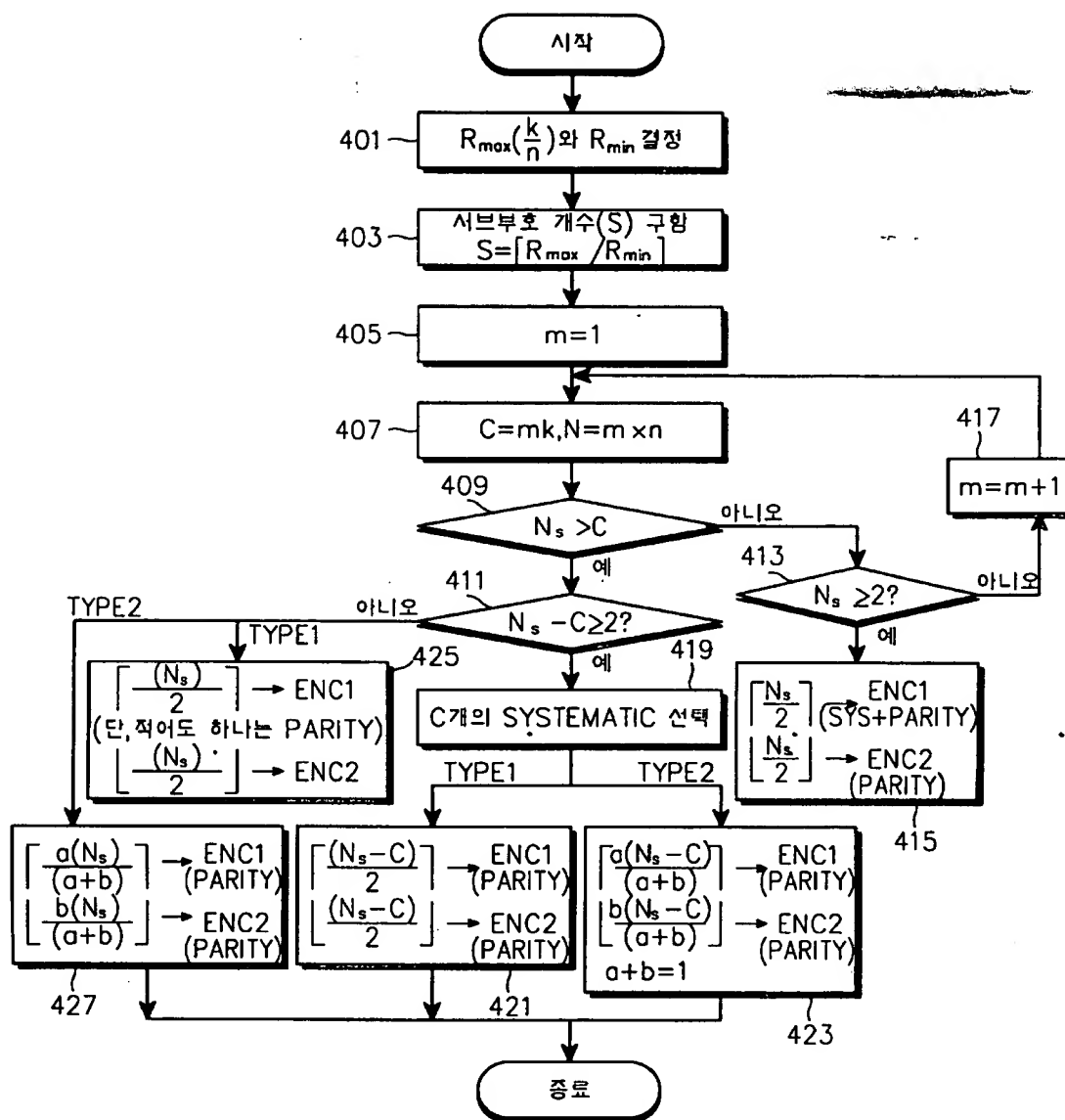
【도 2】



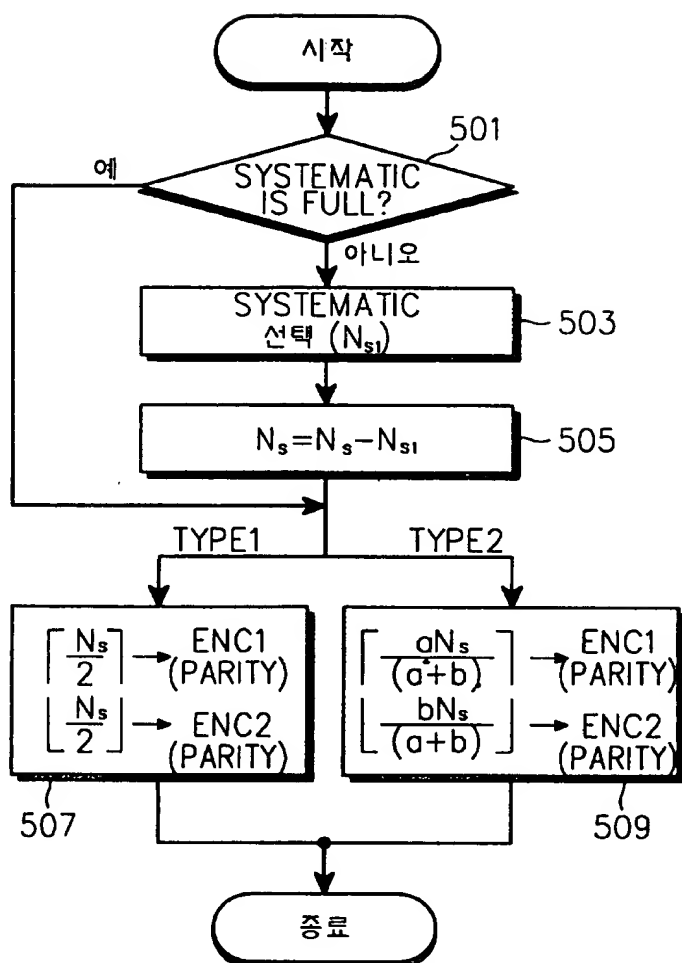
【도 3】



【도 4】



【도 5】



【도 6】

